

Enterprise Architektur-Muster

JULIAN BRUDER*, ABDELLAH FILALI*, and LUCA FRANKE*, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig (HTWK Leipzig), Deutschland

Blah abstrakt...

1 EINLEITUNG

Mit E-Commerce-Beispiel motivieren

2 GRUNDLAGEN VON ENTERPRISE-ARCHITEKTUREN

Verteilte Systeme ...

Architekturen ...

Komponenten ...

...

3 KLASSISCHE ENTERPRISE-ARCHITEKTUREN

3.1 Service-oriented

Frühere Architekturmuster, wie etwa die monolithische Architektur, zeichneten sich durch eng miteinander gekoppelte Funktionalitäten aus. Im Gegensatz dazu betont die Service-orientierte Architektur (SOA) die Wiederverwendung von Funktionalitäten durch die Verwendung von Diensten (engl. *services*).

Eine Analyse der wissenschaftlichen Literatur ergibt eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen von SOA. Das Konzept der Dienste ist jedoch ein zentraler Aspekt dieser Architektur.

Ein Dienst in SOA ist oft grob granuliert und besitzt folgenden Eigenschaften [Bianco et al. 2007, 16][Endrei et al. 2004, 19]:

- Der Dienst ist eine unabhängige Einheit
- Der Dienst kann über einen Namen oder einen Endpoint mittels webbasierter Technologien erreicht werden
- Der Dienst verfügt über eine publizierte Schnittstelle
- Der Dienst ist durch eine Registry auffindbar
- Der Dienst kann zur Laufzeit dynamisch lokalisiert und genutzt werden

Betrachten wir im Folgenden die Hauptbestandteile der SOA, wie die Abb. 1 [Endrei et al. 2004] darstellt:

- Service Provider: Bietet einen spezifischen Dienst an
- Enterprise Service Bus: Dienst, das die Orchestrierung der Kommunikation zwischen Consumer und Provider gewährleistet
- Service Consumer: Nutzt einen bereitgestellten Dienst, dieses kann einen End-User oder ein anderer Dienst sein
- Service Registry: Dient als zentrale Sammlung von Meta-Daten über die verfügbare Dienste

Die Registry stellt eine Sammlung von verfügbaren Diensten und deren Spezifikationen dar. Provider registrieren ihre Dienste in der Registry und Consumer können Dienste dynamisch zu Laufzeit entdecken. Provider legen klare, definierte Endpoints und Verträge

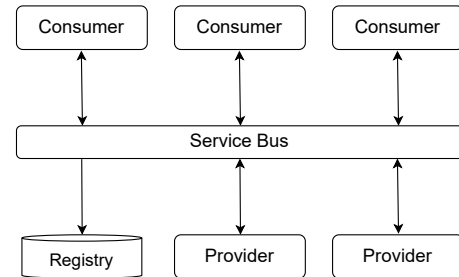


Abb. 1. Aufbau der Service-oriented Architecture

fest, an denen sich Consumer halten müssen, um die Dienste nutzen zu können. [Endrei et al. 2004, 23 - 24].

Der Enterprise Service Bus stellt eine als Best Practice Vorgehensweise zur Implementierung von SOA dar. Hierbei handelt es sich um einen Messaging-Bus, dessen Funktion in der Orchestrierung sämtlicher Aspekte der Kommunikation zwischen Consumer und Provider besteht. Zu den typischen Aufgaben des Service Bus zählen unter anderem die Transformation von Nachrichtenformaten sowie die Weiterleitung von Nachrichten an den entsprechenden Dienst. [Endrei et al. 2004, 37].

In SOA ist es zusätzlich möglich, ein Broker zu verwenden, um die Kommunikation zwischen Consumer und Provider zu ermöglichen. [Grit 2005, 2]

Betrachten wir im Folgenden eine mögliche Implementierung der SOA mit einem Broker anhand des E-Commerce-Beispiels. Dafür definieren wir drei Arten von Services:

- OrderService: Ein Dienst, das den gesamten Bestellvorgang initiiert
- PaymentService: Ein Dienst, das der Bezahlvorgang darstellt
- ShipmentService: Ein Dienst, das der Versandvorgang darstellt

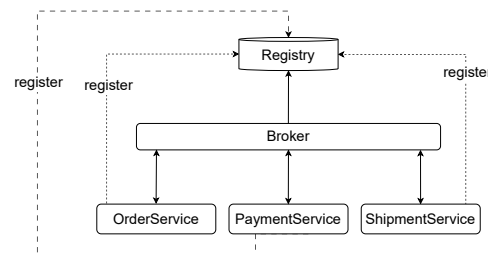


Abb. 2. E-Commerce-Beispiel mit Service-oriented Architecture

Wie Abbildung 2 zeigt, die Dienste ShipmentService, PaymentService und OrderService registrieren ihre Dienste bei dem Registry.

* Alle Studierenden trugen zu gleichen Teilen zu dieser Arbeit bei.

In diesem Beispiel OrderService konsumiert die beiden anderen Dienste. Dieses erfolgt durch Anfragen über den Broker, der die Registry anspricht. Nach Erhalt der Meta-Daten, der OrderService kann die benötigten Dienste gemäß den Interface-Verträge nutzen.

Die vollständige Implementierung des E-Commerce-Beispiels ist bei GitHub¹ zu finden.

Sollte sich die Implementierung oder die Schnittstellen der Provider ändern, ist der Consumer nicht davon betroffen, da die Dienste in der Registry dynamisch zu Laufzeit lokalisiert und genutzt werden.

Da jeder Service einen spezifischen Dienst anbieten und diese durch eine klar definierte Schnittstellen, können Dienste unabhängig voneinander weiterentwickelt werden, was die kleine autonome Teams ermöglicht.

Außerdem Dienste sind einständig und können getrennt deploy werden, was die häufige Auslieferung von Software in kürzere Iterationen ermöglicht.

Skalierung ist hier bei auch möglich, da die Dienste unabhängig voneinander sind.

Ein Nachteil der SOA ist jedoch, dass langfristige Abhängigkeit zwischen den Diensten entstehen können, besonders wenn die Dienste grob granuliert sind.

4 MODERNE ENTERPRISE-ARCHITEKTUREN

4.1 Event-Driven Architecture

Die Event-Driven Architecture wählt als Basis einen anderen Ausgangspunkt als die bisherigen Architekturmuster. Während bei letzteren Komponenten Dienste bereitstellen, welche von anderen Komponenten explizit genutzt werden, verhalten sich Dienstbereitstellende Komponenten in der Event-Driven Architecture reaktiv, werden also implizit von Dienst-konsumierenden Komponenten genutzt [Garlan and Shaw 1994]. Ein System reagiert somit asynchron auf Zustandsänderungen, also Ereignisse in diesem System [Manchana 2021]. Die in dieser Architektur minimalen Einheiten, welche Informationen einer Zustandsänderung kapseln, werden *Events* genannt. Die Idee der impliziten Behandlung von Ereignissen ist nicht neu und taucht erstmals 1994 im von Garlan und Shaw publizierten Papier „An introduction to Software Architecture“ auf.

Betrachten wir im Folgenden die Basis-Bestandteile der Event-Driven Architecture:

- Ereignis (englisch *Event*): Kapselt Information einer Zustandsänderung eines Systems
- Produzent (englisch *Producer*): Komponente, die Event erzeugt
- Herausgeber (englisch *Publisher*): Komponente, die, von Produzenten erzeugte, Events publiziert
- Konsument (englisch *Consumer*): Komponente, die auf publizierte Events reagiert
- Vermittler (englisch *Mediator*): Komponente zwischen Produzenten und Konsumenten - filtert Events und verteilt diese auf Konsumenten
- Event-Bus: Oft auch *Event-Broker* genannt - bietet die Infrastruktur für die Gesamtheit der Vermittler

¹<https://github.com/Beleg-6-EAP/demo-soa-ecommerce>

Abstrakt kann ein Event als Vertrag zwischen Produzenten und Konsumenten am Event-Bus betrachtet werden. Der Konsument nutzt die Spezifikation des Events am Bus, der Produzent implementiert jene Spezifikation. Abbildung 3 stellt diesen Vertrag dar.

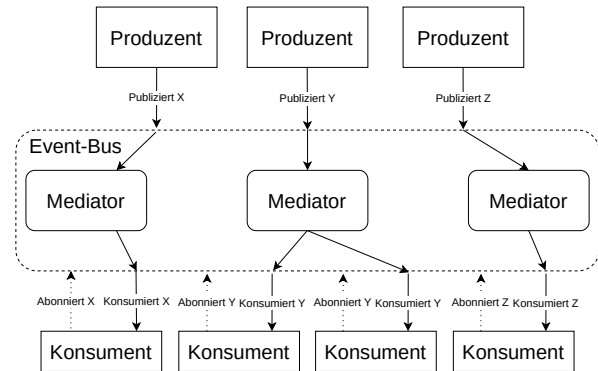


Abb. 3. Vertrag zwischen Produzenten und Konsumenten am Event-Bus

Durch den Vertrag weisen die Events am Event-Bus starke Kohäsion und somit lose Kopplung auf. Diese lose Kopplung minimiert nicht nur kaskadierende Fehler, sondern ermöglicht agilen Entwickler-Teams durch klar abgegrenzte Features einfach definierbare Iterationen - eine Menge von Events, deren Erzeugung und Konsumierung.

Weiter sind Events oft nah an dem, was Ereignisse in realen Prozessen sind, also domain-driven. Gebündelt ermöglichen obige Punkte die kontinuierliche Auslieferung von Software in kurzen Intervallen.

Außerdem garantiert die asynchrone Behandlung von Ereignissen zusammen mit der losen Kopplung maximale Skalierung. Daher sind Event-Driven Architekturen besonders für datenintensive Echtzeit-Anwendungen wie IoT (Internet of Things) und Analytics geeignet [Siddiqui et al. 2023].

Betrachten wir erneut das E-Commerce-Beispiel aus der Einleitung. Dafür definieren wir drei Arten von Events:

- OrderCreated: Ein Event, das genau dann erzeugt wird, wenn eine neue Bestellung aufgegeben wird
- PaymentProcessed: Ein Event, das genau dann erzeugt wird, wenn der Bezahlvorgang abgeschlossen wird
- ShipmentInitiated: Ein Event, das genau dann erzeugt wird, wenn die Bestellung versandt wird

Weiter teilen wir die Funktionalität ähnlich wie bei der Microservice-Architektur in die drei verschiedenen Dienste OrderService, PaymentService und ShipmentService auf.

Wie Abbildung 4 zeigt, sind alle drei Dienste Produzenten und Publisher, erzeugen also Events und veröffentlichen diese. Die Dienste PaymentService und ShipmentService sind zudem Konsumenten, sodass ersterer auf Events des Typs OrderCreated und zweiterer auf Events des Typs ShipmentInitiated reagiert. Eine beispielhafte Implementierung des PaymentService mit Apache Kafka als

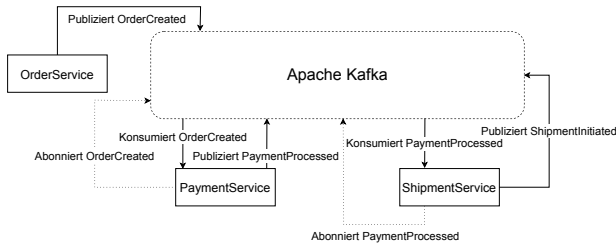


Abb. 4. E-Commerce-Beispiel mit Event-Driven Architecture

Event-Broker ist im Anhang A.1 zu finden. Die vollständige Implementierung des E-Commerce-Beispiels ist bei GitHub² zu finden.

Das Beispiel zeigt, dass die Event-Driven Architektur mit weiteren agilen Strukturen wie Microservices kombiniert werden kann, was die Agilität der Architektur weiter erhöht. Die damit einhergehende Komplexität stellt teilweise hohe Anforderungen an die Entwickler. Aufgrund der Asynchronität der Behandlung von Ereignissen ist die Testung des Systems meist schwer und die Fehlerbehandlung essentiell. Mögliche Problemquellen schließen dabei unter anderem Event-Verlust, erhöhte Latenz und Inkonsistenz ein. Die hohen Anforderungen an die Entwickler verlangen viel Vertrauen in jene, einer der zentralen Punkte des agilen Manifests [Michl 2018]. Insgesamt weist die Event-Driven Architecture also eine sehr hohe Agilität auf und ist damit besonders für moderne Software und ihre stetig wechselnden Anforderungen geeignet.

5 FALLSTUDIEN UND PRAXISBEISPIELE

Blah ...

6 DISKUSSION

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

LITERATUR

- Phil Bianco, Rick Kotermanski, and Paulo Merson. 2007. *Evaluating a service-oriented architecture*. Citeseer.
- Mark Endrei, Jenny Ang, Ali Arsanjani, Sook Chua, Philippe Comte, Pål Krogdahl, Min Luo, and Tony Newling. 2004. *Patterns: service-oriented architecture and web services*. IBM Corporation, International Technical Support Organization New York, NY
- David Garlan and Mary Shaw. 1994. *An Introduction to Software Architecture*. Technical Report CMU/SEI-94-TR-021. <https://insights.sei.cmu.edu/library/an-introduction-to-software-architecture/> Accessed: 2025-Jan-2.
- Laura Grit. 2005. *Broker Architectures for Service-oriented Systems*. master's thesis, Duke Univ (2005).
- Ramakrishna Manchana. 2021. Event-Driven Architecture: Building Responsive and Scalable Systems for Modern Industries. *International Journal of Science and Research (IJSR)* 10 (01 2021), 1706–1716. <https://doi.org/10.21275/SR24820051042>
- Thomas Michl. 2018. *Das agile Manifest – eine Einführung*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 3–13. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57699-1_1
- Hassaan Siddiqui, Ferhat Khendek, and Maria Toeroe. 2023. Microservices based architectures for IoT systems - State-of-the-art review. *Internet of Things* 23 (2023), 100854. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100854>

²<https://github.com/Beleg-6-EAP/demo-eda-ecommerce>

A CODE-BEISPIELE

A.1 Event-Driven-Architecture

```

1 package demo.eda.service;
2
3 import demo.eda.event.OrderCreatedEvent;
4 import demo.eda.event.PaymentProcessedEvent;
5 import demo.eda.model.Payment;
6 import demo.eda.repository.PaymentRepository;
7 import lombok.RequiredArgsConstructor;
8 import org.springframework.kafka.annotation.KafkaListener;
9 import org.springframework.kafka.core.reactive.ReactiveKafkaProducerTemplate;
10 import org.springframework.stereotype.Service;
11 import reactor.core.publisher.Flux;
12 import reactor.kafka.receiver.KafkaReceiver;
13 import reactor.kafka.receiver.ReceiverOptions;
14
15 import java.util.UUID;
16
17 @Service
18 @RequiredArgsConstructor
19 public class PaymentService {
20
21     private final PaymentRepository paymentRepository;
22     private final ReactiveKafkaProducerTemplate<String, PaymentProcessedEvent> producer;
23
24     @KafkaListener(topics = OrderCreatedEvent.TOPIC, groupId = "payment-service")
25     public Flux<Void> processPayment(ReceiverOptions<String, OrderCreatedEvent> receiverOptions) {
26         return KafkaReceiver.create(receiverOptions)
27             .receive()
28             .flatMap(record -> {
29                 final OrderCreatedEvent event = record.value();
30                 final Payment payment = new Payment(UUID.randomUUID().toString(), event.getOrderID(), true);
31                 return paymentRepository.save(payment).flatMap(savedPayment -> {
32                     final PaymentProcessedEvent paymentEvent =
33                         new PaymentProcessedEvent(
34                             savedPayment.getOrderID(),
35                             savedPayment.getId(),
36                             savedPayment.isSuccess());
37                     return producer.send(PaymentProcessedEvent.TOPIC, paymentEvent).then();
38                 });
39             });
40     }
41 }

```

Listing 1. Service-Implementierung des PaymentService in Java Spring Boot 3.4.1 mit Apache Kafka als Event-Broker

B ÜBUNGSAUFGABEN

B.1 Übungsaufgabe 1

Blah ...